

Resumen

A lo largo de este anexo se presentan los pasos seguidos en el dimensionamiento y definición de los perfiles de la estructura. Se considera la cubierta en tres dimensiones, considerando las barras que constituyen la cercha, las correas y las jácenas de arriostramiento.

Se recogen los resultados numéricos obtenidos del análisis de la estructura haciendo uso del software *Power Frame*. También se muestran los desplazamientos y las acciones que actúan en cada uno de los nudos.

A continuación se muestra el presupuesto del proyecto, haciendo uso de un presupuesto genérico y sirviéndose de algunos de sus capítulos.

Para finalizar, se recogen algunas fotografías del Estadio de Les Corts y de su cubierta.





Sumario

RESUMEN	1
SUMARIO	3
A. ANÁLISIS ESTRUCTURAL	5
A.1. Definición de la estructura.....	5
A.2. Definición de las Cargas	6
A.3. Perfiles	7
A.3.1. Barras	7
A.3.2. Jácenas	8
A.3.3. Correas	10
A.4. Gráficos I	10
A.5. 1ª Optimización	12
A.6. Cambio de secciones.....	13
A.6.1. Barras	13
A.6.2. Jácenas	13
A.6.3. Correas	14
A.7. Optimización 2.....	14
A.7.1. Paso 1.....	14
A.7.2. Paso 2.....	15
A.7.3. Paso 3.....	15
A.7.4. Paso 4.....	16
B. GRÁFICOS	20
B.1. Desplazamientos.....	20
B.2.ELU	24
C. DOCUMENTOS ORIGINALES	25
C.1. Detalle sección transversal	25
C.2. Anejo 1	26
D. PRESUPUESTO	27
D.1. Capítulo 4: Estructura	34
D.2. Capítulo 6: Cubiertas	37
D.3. Capítulo 37: Plan de Seguridad.....	38
D.4. Total presupuesto	39



E. FOTOGRAFÍAS	41
F. BIBLIOGRAFÍA	45
F.1. Referencias Bibliográficas	45
F. 2. Bibliografía complementaria	45



A. ANÁLISIS ESTRUCTURAL

A.1. Definición de la estructura

En primer lugar se va a representar la estructura objeto del análisis. En la siguiente figura se representa la semiplanta de la cubierta metálica.

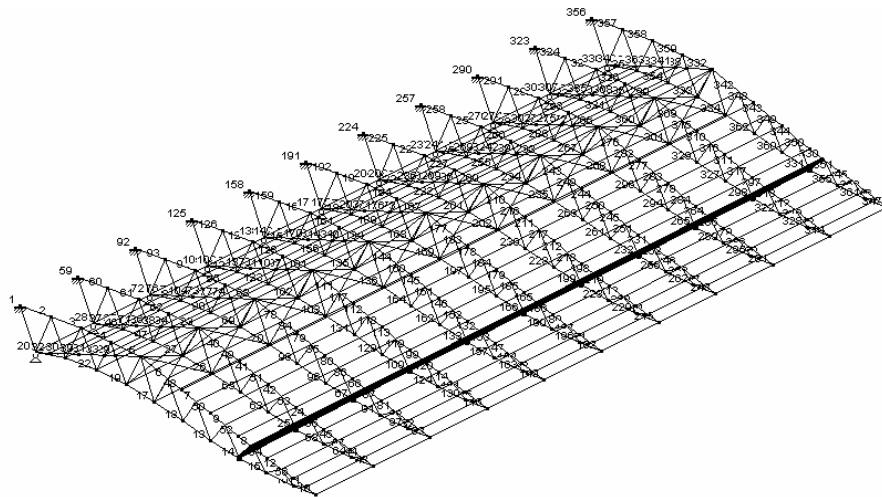


Figura 1: Vista en tres dimensiones de la estructura.

La estructura se constituye a partir de la repetición de la célula que se muestra en la siguiente figura, así como la numeración de los nudos.

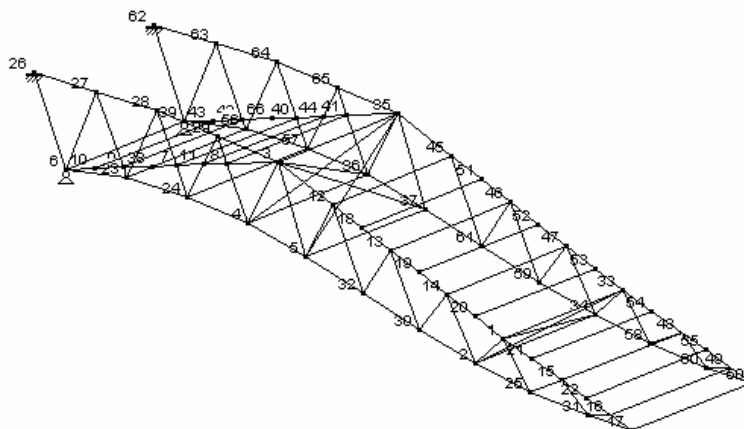


Figura 2: Numeración de los nudos.



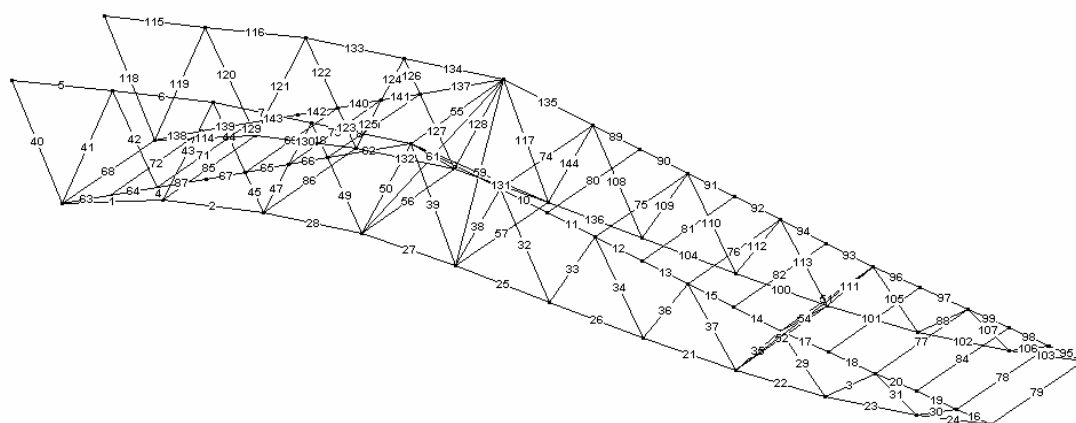


Figura 3: Vista 3D de la estructura. Numeración de las barras.

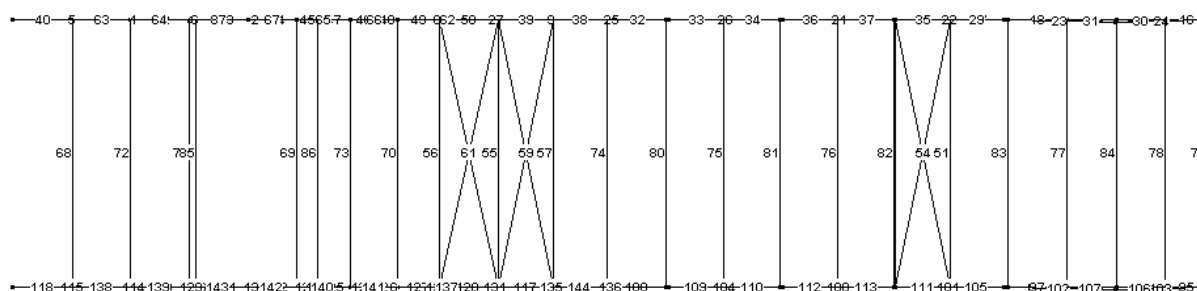


Figura 4: Vista y-z de la estructura. Alzado.

A.2. Definición de las Cargas

Las cargas definidas con anterioridad según las diferentes normativas, son recogidas en la estructura de la siguiente manera.

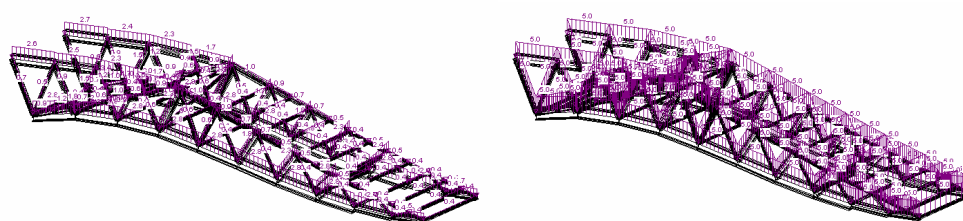


Figura 5: Peso propio de la estructura y sobrecarga de uso.



Se ha considerado que la nieve sólo afecta directamente a las barras superiores de la cercha, mientras que el viento incide sobre toda la estructura por igual.

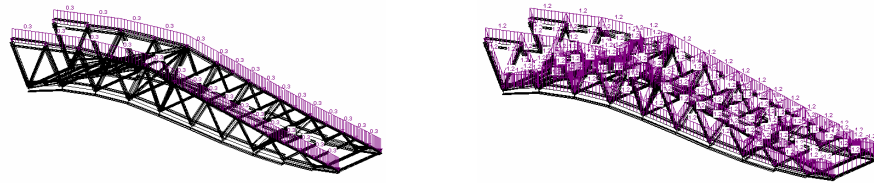


Figura 6: Nieve y viento.

A.3. Perfiles

En el proyecto inicial, en todo momento se daba la unión de dos perfiles. Para el análisis de la estructura se ha considerado una única barra que une dos nudos distintos, en vez de dos barras unidas entre sí. Las secciones de estas barras serán rectangulares, siendo sus áreas y momentos de inercia aproximadamente iguales a los de las dos secciones iniciales.

En las siguientes tablas se muestran la correspondencia entre las secciones dobles citadas y los perfiles actuales para el caso de las barras, jácenas y correas respectivamente.

A.3.1. Barras

Perfil Inicial	Área (cm ²)	I _{min} (cm ⁴)	Perfil Actual	Área (cm ²)	I _{min} (cm ⁴)
2 I P 8	15,16	155,6	Rect I8	15,19	149
2 C P 8	22	212	Rect U8	22	221
2 C P 10	27	412	Rect U10	27	410
2 C P 12	34	728	Rect U12	34	818
2 C P 14	40,8	1210	Rect U14	40,8	1360

Tabla 1: Secciones adoptadas para simulación.



El caso de las barras de sección inicial denominada por “2 C P 14” se muestra a continuación. Tal y como se ha mostrado en la tabla anterior, las secciones se mantienen iguales y el momento de inercia se aproxima lo máximo posible.

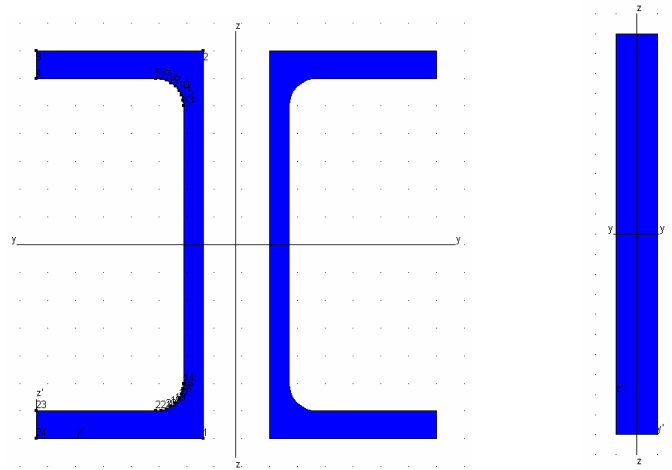


Figura 7: Cambio de secciones: 2 C P 14 a UP14 simple.

A.3.2. Jácenas

Para la simulación de las jácenas también se buscan perfiles rectangulares con áreas y momentos de inercia semejantes a los que constituían estos elementos en el proyecto original. Así se muestra en las siguientes tablas.

<i>Jácena 1</i>	<i>Perfil</i>	<i>Sección (cm²)</i>	<i>I_{min} (cm⁴)</i>	<i>Nuevo Perfil</i>	<i>Sección n (cm²)</i>	<i>I_{min} (cm⁴)</i>
Cabeza superior	2L 50x50x5	9,6	33,6	2L50.5 Simple	9,6	32.7
Cabeza inferior	4L 40x40x4	12,32	27,5	2L40.4 Simple	11.93	27.9
Diagonales	2L 45x45x5	6,76		2L45.5	6,76	

Tabla 2: Secciones de jácena adoptadas para la simulación.



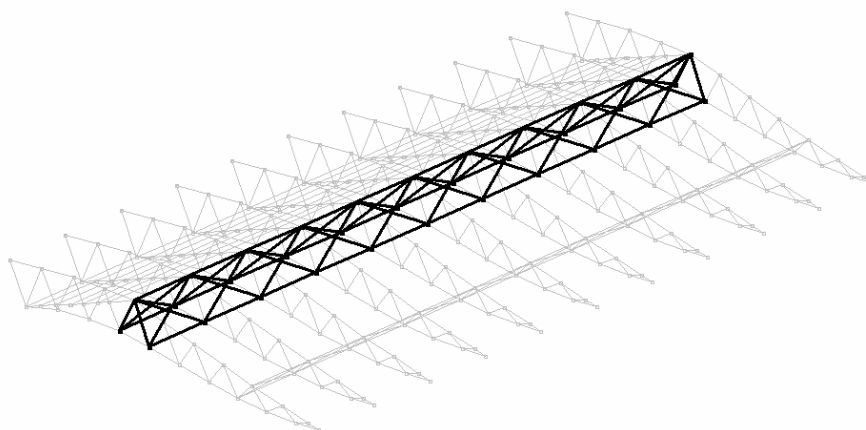


Figura 8: Jácena N°1.

Jácena 2		Sección (cm²)	I_{min} (cm⁴)	Nuevo Perfil	Sección (cm²)	I_{min} (cm⁴)
Cabeza superior	2L 50x50x5	9,6	33,6	2L50.5 Simple	9,6	33,6
Cabeza inferior	2L 50x50x5	9,6	33,6	2L40.4 Simple	11.93	33,6
Diagonales	2L 45x45x5	8,6		2L45.5.2	8.4	

Tabla 3: Secciones de jácena adoptadas para la simulación.

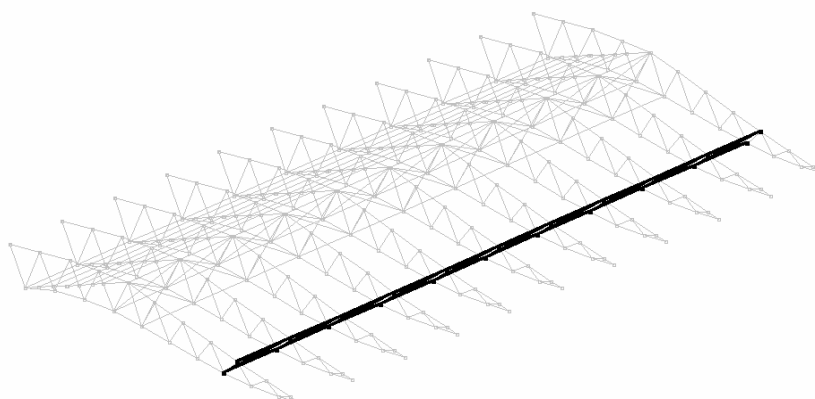


Figura 9: Jácena N°2.



A.3.3. Correas

Las correas conservan los mismos perfiles, tal y como aparece en el proyecto original. Es decir, en el caso de las pertenecientes a la cabeza superior del faldón posterior, serán IPN 100 (inicialmente I P 10), y las del faldón anterior IPN 80 (I P 8).

A.4. Gráficos I

Tras el análisis estático, los resultados obtenidos se muestran en las siguientes figuras para los casos de Estado Límite Último (ELU), y dos Estados Límites de Servicio: el de los estados Casi Permanentes (ELS CP) y otro de Combinaciones Raras (ELS CR).

El Estado Límite Último define los valores máximos que es capaz de soportar la estructura, una vez que las cargas que actúan sobre ella han quedado definidas. El objetivo es comprobar si alguna de las secciones falla.

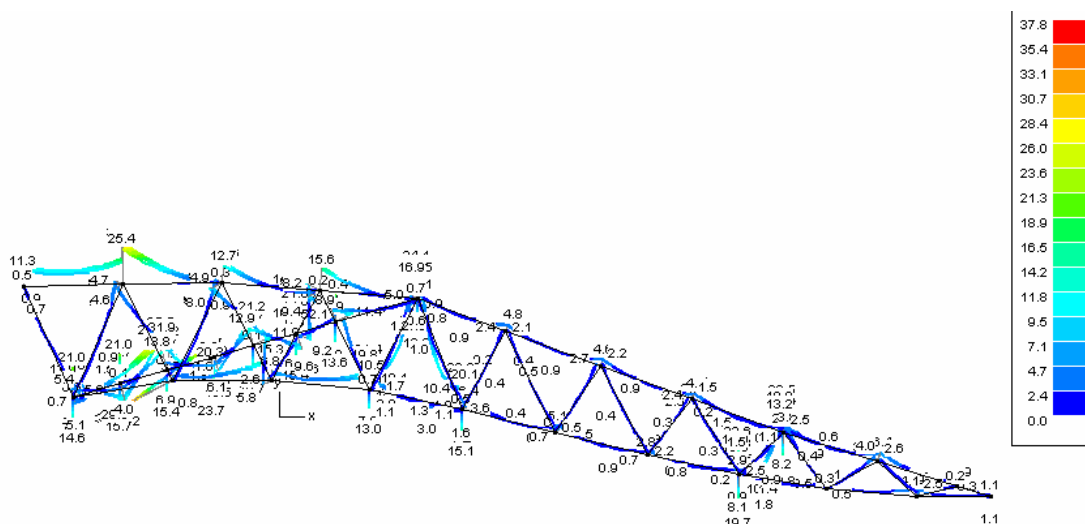


Figura 10: Análisis estático. ELU CF (M_y)

El Estados Límites de Servicio de los estados Casi Permanentes define los valores máximos de flecha que presenta la estructura. En las siguientes figuras se aprecia el desplazamiento, tanto en el eje de abscisas como en el de ordenadas, que sufre la estructura sometida a las cargas.



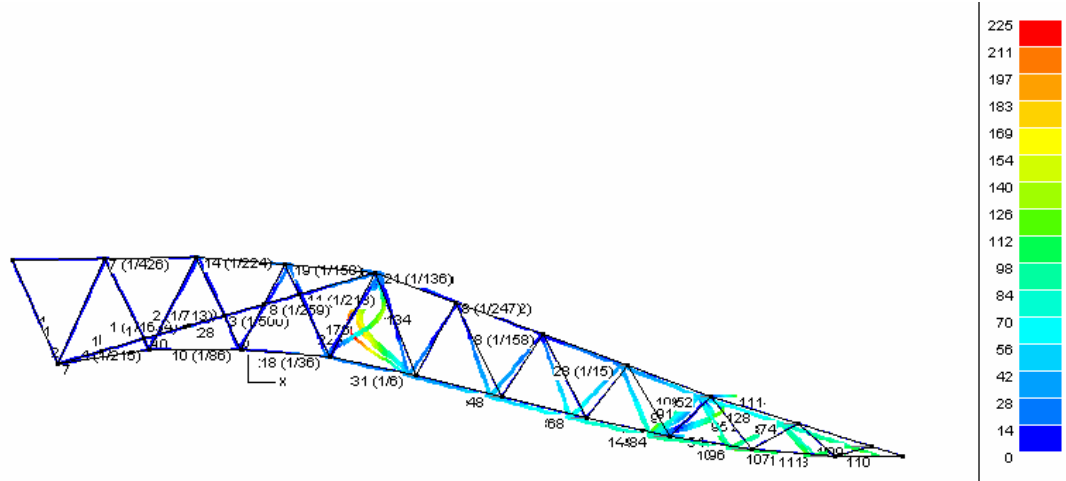


Figura 11: Desplazamiento en X.

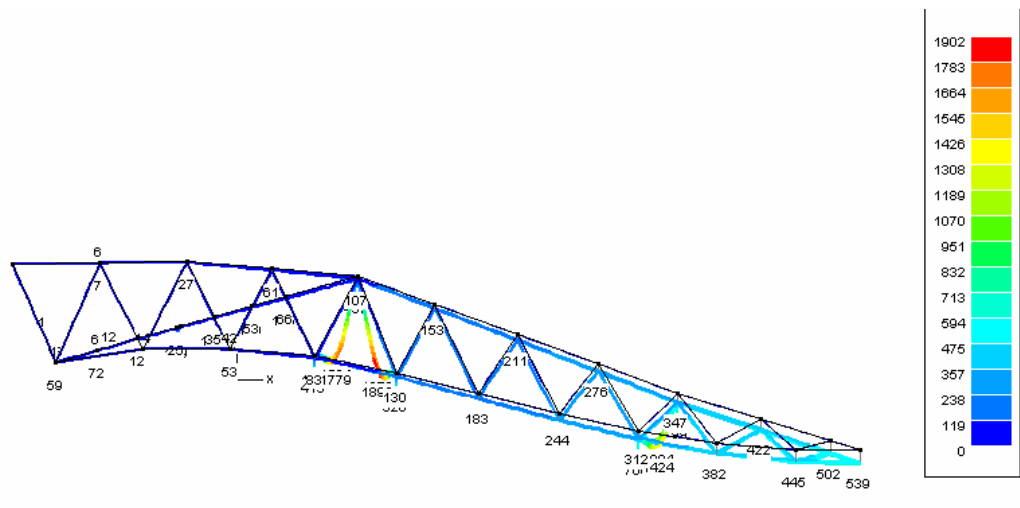


Figura 12: Desplazamiento en Y.

Tal y como se puede ver en las últimas figuras, los nudos que presentan una mayor criticidad son los de la cabeza inferior de la primera de las jácenas, es decir, los numerados como 8 y 10.

En la siguiente figura se muestra el riesgo que presentan las secciones y el riesgo de pandeo.



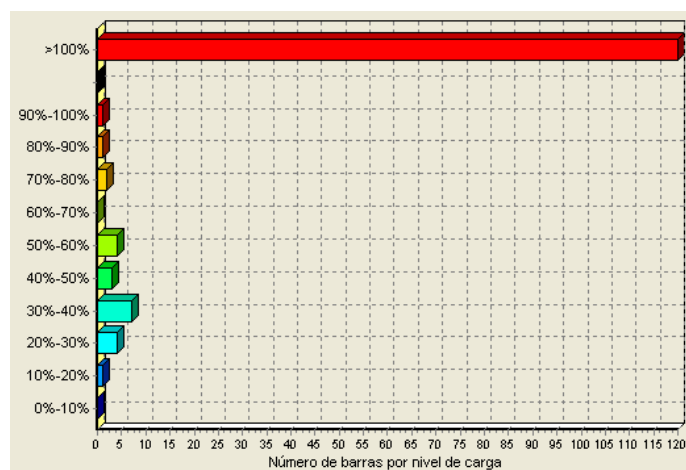


Figura 13: Riesgo de la sección y riesgo de pandeo.

En la Figura 13 queda patente que la elección de secciones no es la mejor. Por ello, se procederá a la optimización del uso de los diferentes perfiles.

A.5. 1ª Optimización

En primer lugar, se optimiza la estructura considerando los perfiles rectangulares. El histograma de la resistencia que presentan las secciones y el riesgo de pandeo es el siguiente.

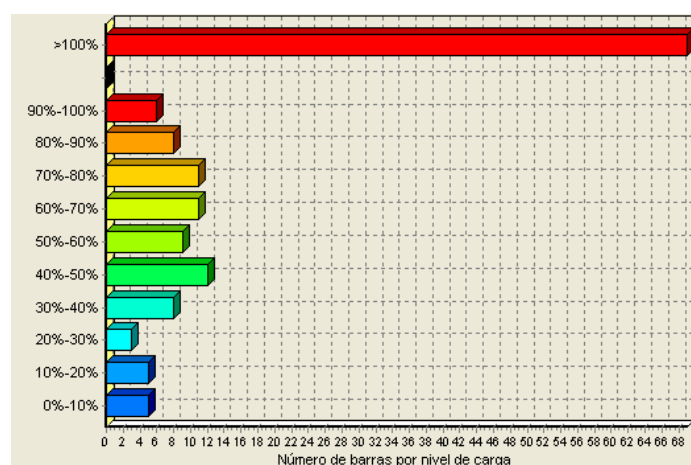


Figura 14: Riesgo de la sección y riesgo de pandeo 2.



A.6. Cambio de secciones

Es habitual el uso de perfiles en H o I. Además, posteriormente es necesario su uso para el empleo del software *Power Connect* durante el cálculo de las uniones. Por todo ello, se buscarán secciones equivalentes a las comentadas con anterioridad.

A.6.1. Barras

<i>Perfil Inicial</i>	<i>Área (cm²)</i>	<i>I_{min} (cm⁴)</i>	<i>Perfil Actual</i>
2 I P 8	15,16	155,6	IPE 140
2 C P 8	22	212	IPE 180
2 C P 10	27	412	IPE 200
2 C P 12	34	728	IPE 240
2 C P 14	40,8	1210	IPE 240

Tabla 4: Correspondencia entre perfiles de las barras dobles originales y actuales para uniones.

A.6.2. Jácenas

<i>Perfil Inicial</i>	<i>Área (cm²)</i>	<i>I_{min} (cm⁴)</i>	<i>Perfil Actual</i>
2L 40 x 40 x 4	12,32	13,75	IPN 120
4L 40 x 40 x 4	12,32	27,5	IPN 140
2L 45 x 45 x 5	6,76		IPN 80
2L 45 x 45 x 5	8,6		IPN 80
2L 50 x 50 x 5	9,6	33,6	IPN 140

Tabla 5: Correspondencia entre perfiles de las jácenas.



A.6.3. Correas

El perfil de las correas se ha mantenido tal y como se ha descrito en los apartados: las de la cabeza superior en el faldón posterior IPN 100 y IPN 80 las del faldón anterior.

La utilización de los perfiles que se han descrito para barras, jácenas y correas en este apartado, es habitual en la actualidad, ya que se buscan elementos fáciles de intercambiar, más económicos y que estén tabulados, en la medida de lo posible.

A.7. Optimización 2

A.7.1. Paso 1

Tras una primera optimización de secciones, una vez que se han modificado los perfiles, el software sugiere modificar un grupo de perfiles IPE al mayor dentro de su categoría (IPE-600), aún siendo insuficiente esta sección para soportar las cargas a las que se somete, y otro grupo de secciones a la menor dentro de la categoría (IPE-80), siendo en este caso demasiado grande para las cargas correspondientes.

Los perfiles que se sugiere modificar a IPE-600 son los de las barras 1, 2, 5, 6, 21, 22, 23, 25, 26, 27, 28, 33, 35, 36, 38, 43, 50, 100, 101, 102, 104, 109, 111, 112, 114, 115, 116, 121, 128, 130, 131, 132 y 136. Así mismo, los que se cambian a IPE-80 son las barras 16, 19, 75, 78, 80, 81, 83, 84, 85, 86, 95, 98, 106 y 108.

Dado que los perfiles IPE-600 no son óptimos, se modifican todos ellos a IPN-600. De esta forma el diagrama que muestra el riesgo de las secciones y de pandeo en este caso es el siguiente.

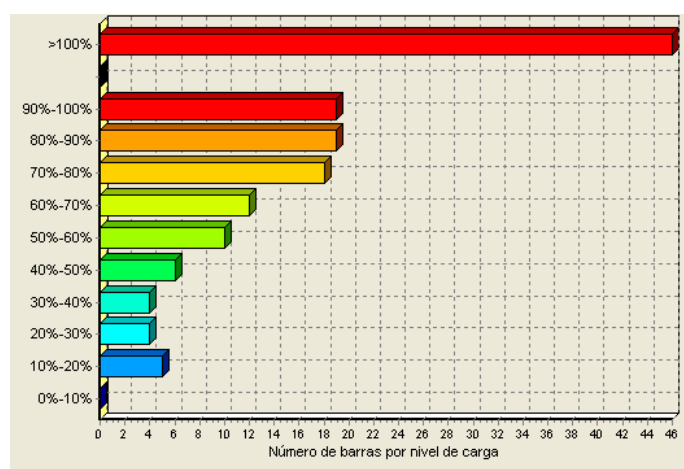


Figura 15: Diagrama de riesgo de la sección y riesgo de pandeo1.



A.7.2. Paso 2

Al seguir siendo insuficientes los perfiles IPN-600 adoptados, se procede a adoptar perfiles HEM-600, y en una tercera iteración, HEM-1000.

De esta manera, el diagrama correspondiente al riesgo de las secciones y de pandeo, en este caso, se muestra a continuación.

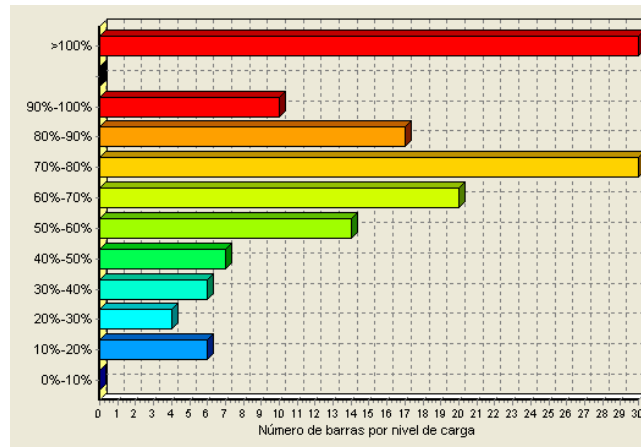


Figura 16: Histograma de riesgo de la sección y riesgo de pandeo2.

Como se aprecia, el histograma mostrado para el paso 2 es más favorable que el que aparece en caso 1.

A.7.3. Paso 3

Se seguirá optimizando la estructura atendiendo al criterio de *Riesgo de Sección*.

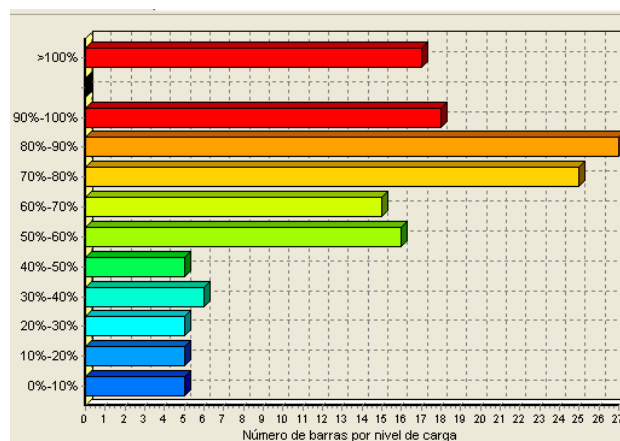


Figura 17: Histograma de riesgo de la sección.



A.7.4. Paso 4

Definiendo todas las barras con perfiles HEM y optimizando la estructura una vez más, se consigue que ninguna sección esté por encima de su límite de resistencia, y que la mayoría de ellas no sufran riesgo de pandeo.


<div>  <div> <h>h = altura (mm)</h> <h>b = base (mm)</h> <h>p = peso por metro lineal (kp/m)</h> </div> </div>				Perfiles HEM			
Perfil	h (mm)	b (mm)	p (kp/m)	Perfil	h (mm)	b (mm)	p (kp/m)
HEM 100	120	106	41,8	HEM 300	320	305	177
HEM 120	140	126	52,1	HEM 300	340	310	238
HEM 140	160	146	63,2	HEM 320	359	309	245
HEM 160	180	166	76,2	HEM 340	377	309	248
HEM 180	200	186	88,9	HEM 360	395	309	250
HEM 200	220	206	103	HEM 400	432	307	256
HEM 220	240	226	117	HEM 450	478	307	263
HEM 240	270	248	157	HEM 500	524	306	270
HEM 260	290	268	172	HEM 550	572	306	278
HEM 280	310	288	189	HEM 600	620	305	285

Tabla 6: Características perfiles HEM.

En la siguiente tabla se muestra la definición del perfil correspondiente a cada una de las barras.

Barra	Perfil	Barra	Perfil	Barra	Perfil
1	HEM-1000	49	HEM-140	97	HEM-100
2	HEM-1000	50	HEM-300	98	HEM-100
3	HEM-100	51	HEM-100	99	HEM-100
4	HEM-260	52	HEM-100	100	HEM-600
5	HEM-500	53	HEM-100	101	HEM-600
6	HEM-320	54	HEM-100	102	HEM-320
7	HEM-300	55	HEM-100	103	HEM-240
8	HEM-260	56	HEM-100	104	HEM-600



9	HEM-200	57	HEM-100	105	HEM-100
10	HEM-180	58	HEM-100	106	HEM-100
11	HEM-160	59	HEM-100	107	HEM-100
12	HEM-160	60	HEM-100	108	HEM-100
13	HEM-120	61	HEM-100	109	HEM-280
14	HEM-120	62	HEM-180	110	HEM-100
15	HEM-100	63	HEM-160	111	HEM-600
16	HEM-100	64	HEM-200	112	HEM-300
17	HEM-120	65	HEM-180	113	HEM-100
18	HEM-100	66	HEM-140	114	HEM-600
19	HEM-100	67	HEM-140	115	HEM-450
20	HEM-100	68	HEM-100	116	HEM-360
21	HEM-1000	69	HEM-100	117	HEM-140
22	HEM-600	70	HEM-100	118	HEM-160
23	HEM-320	71	HEM-100	119	HEM-120
24	HEM-260	72	HEM-100	120	HEM-180
25	HEM-600	73	HEM-100	121	HEM-240
26	HEM-600	74	HEM-100	122	HEM-220
27	HEM-600	75	HEM-100	123	HEM-180
28	HEM-600	76	HEM-100	124	HEM-100
29	HEM-100	77	HEM-100	125	HEM-180
30	HEM-100	78	HEM-100	126	HEM-240
31	HEM-100	79	HEM-100	127	HEM-140
32	HEM-100	80	HEM-100	128	HEM-300



33	HEM-280	81	HEM-100	129	HEM-280
34	HEM-100	82	HEM-100	130	HEM-600
35	HEM-320	83	HEM-100	131	HEM-600
36	HEM-300	84	HEM-100	132	HEM-600
37	HEM-100	85	HEM-100	133	HEM-300
38	HEM-260	86	HEM-100	134	HEM-260
39	HEM-120	87	HEM-160	135	HEM-200
40	HEM-160	88	HEM-100	136	HEM-600
41	HEM-140	89	HEM-180	137	HEM-180
42	HEM-180	90	HEM-160	138	HEM-180
43	HEM-240	91	HEM-160	139	HEM-220
44	HEM-220	92	HEM-120	140	HEM-200
45	HEM-180	93	HEM-120	141	HEM-140
46	HEM-100	94	HEM-120	142	HEM-140
47	HEM-180	95	HEM-100	143	HEM-160
48	HEM-240	96	HEM-120	144	HEM-140

Tabla 7: Pefiles empleados.

A continuación se muestran los histogramas que representan la resistencia de las secciones y el riesgo de pandeo que sufren.



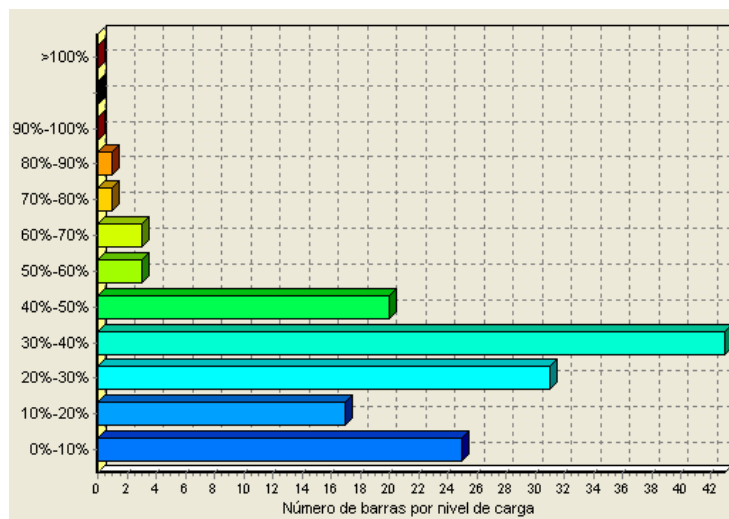


Figura 18: Agotamiento de las secciones.

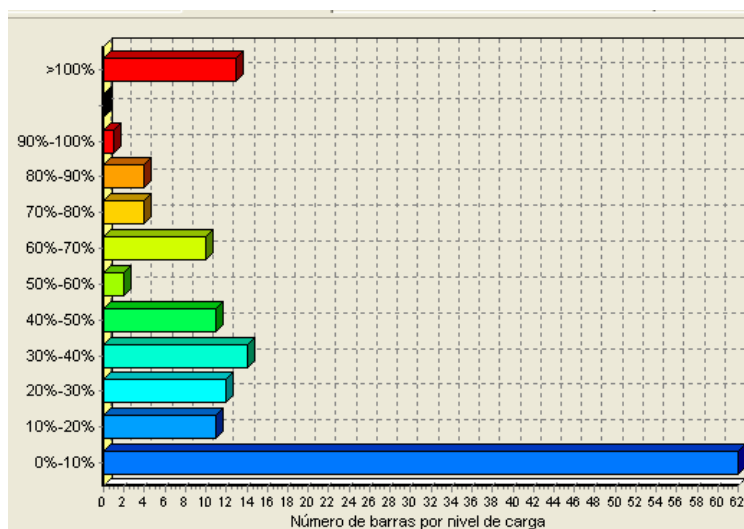


Figura 19: Riesgo de pandeo.



B. GRÁFICOS

B.1. Desplazamientos

Los gráficos correspondientes a los desplazamientos de la estructura en dirección del eje X e Y, se muestran a continuación.

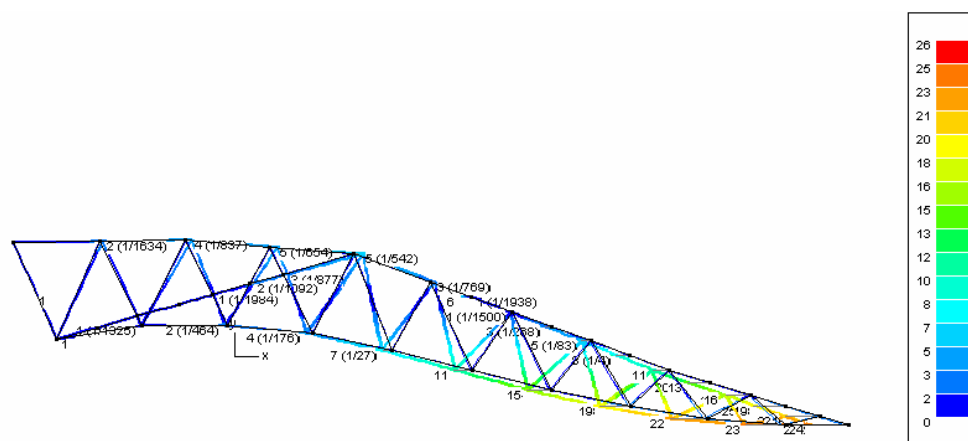


Figura 20: Desplazamiento en X.

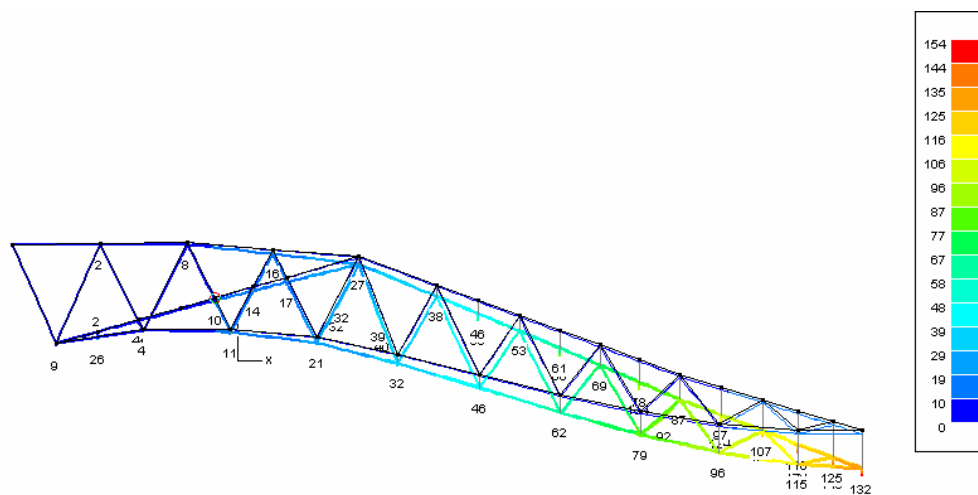


Figura 21: Desplazamiento en y.



A continuación se recogen los desplazamientos (en milímetros) para cada nudo proporcionados por *Power Frame*. Se muestran únicamente los correspondientes a dos cerchas consecutivas, junto con las correas y jácenas entre ellas.

Nudo	dx-	dx+	dy-	dy+	dz-	dz+
1	-10	-1	-84	-8	0	1
2	-18	-2	-76	-8	0	0
3	1	5	-25	-3	0	1
4	-3	0	-20	-2	0	0
5	-6	-1	-31	-3	0	0
6	0	0	0	0	0	0
7	0	1	-9	-1	0	0
8	0	3	-17	-2	0	0
9	0	0	-4	0	0	0
10	0	0	-2	0	0	0
11	0	2	-13	-1	0	0
12	0	3	-37	-4	0	2
13	0	0	-51	-5	0	1
14	-5	0	-67	-7	0	1
15	-15	-1	-103	-10	0	1
16	-20	-2	-120	-12	0	0
17	-22	-2	-128	-12	0	0
18	0	1	-44	-4	0	2
19	-3	0	-59	-6	0	1



20	-7	-1	-76	-8	0	1
21	-13	-1	-94	-9	0	1
22	-18	-2	-112	-11	0	1
23	0	0	-5	0	0	0
24	-1	0	-11	-1	0	0
25	-21	-2	-93	-9	-3	0
26	0	0	0	0	0	0
27	0	2	-2	0	0	1
28	0	4	-8	-1	0	2
29	0	5	-15	-2	0	2
30	-14	-1	-59	-6	0	1
31	-22	-2	-112	-11	-3	0
32	-10	-1	-44	-5	0	0
33	-11	-1	-87	-9	0	1
34	-19	-2	-79	-8	0	0
35	1	5	-27	-3	0	1
36	-4	0	-21	-2	0	0
37	-7	-1	-32	-3	0	0
38	0	1	-7	-1	0	0
39	0	0	0	0	0	0
40	0	1	-10	-1	0	0
41	0	3	-17	-2	0	0
42	0	0	-4	0	0	0
43	0	0	-2	0	0	0



44	0	2	-14	-1	0	0
45	0	3	-38	-4	0	1
46	-1	0	-53	-5	0	1
47	-5	-1	-69	-7	0	1
48	-16	-2	-107	-10	0	1
49	-21	-2	-125	-12	0	0
50	-24	-2	-132	-13	0	0
51	0	1	-46	-5	0	2
52	-3	0	-61	-6	0	1
53	-8	-1	-78	-8	0	1
54	-13	-1	-97	-9	0	1
55	-19	-2	-116	-11	0	1
56	-1	0	-4	0	0	0
57	-2	0	-11	-1	0	0
58	-22	-2	-96	-9	0	3
59	-15	-1	-62	-6	0	0
60	-23	-2	-115	-11	0	4
61	-11	-1	-46	-5	0	0
62	0	0	0	0	0	0
63	0	2	-2	0	-1	0
64	0	4	-8	-1	-1	0
65	0	5	-16	-2	-1	0
66	0	0	-7	-1	0	0

Tabla 8: Desplazamiento de los nudos.



B.2.ELU

En la siguiente figura se muestra el Estado Límite Último, para M_y en kNm.

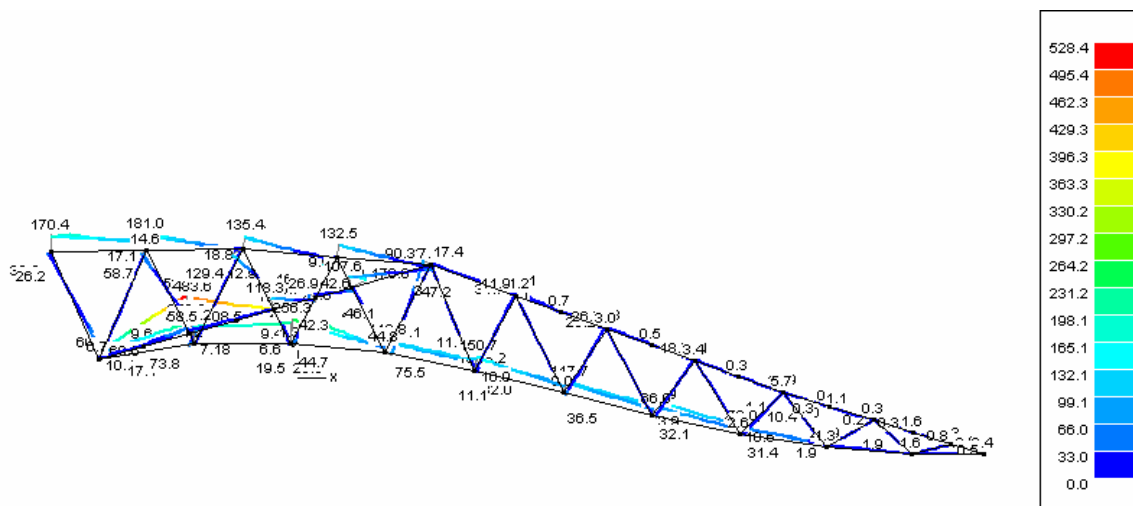


Figura 22: ELU CF: M_y .



C. Documentos originales

C.1. Detalle sección transversal

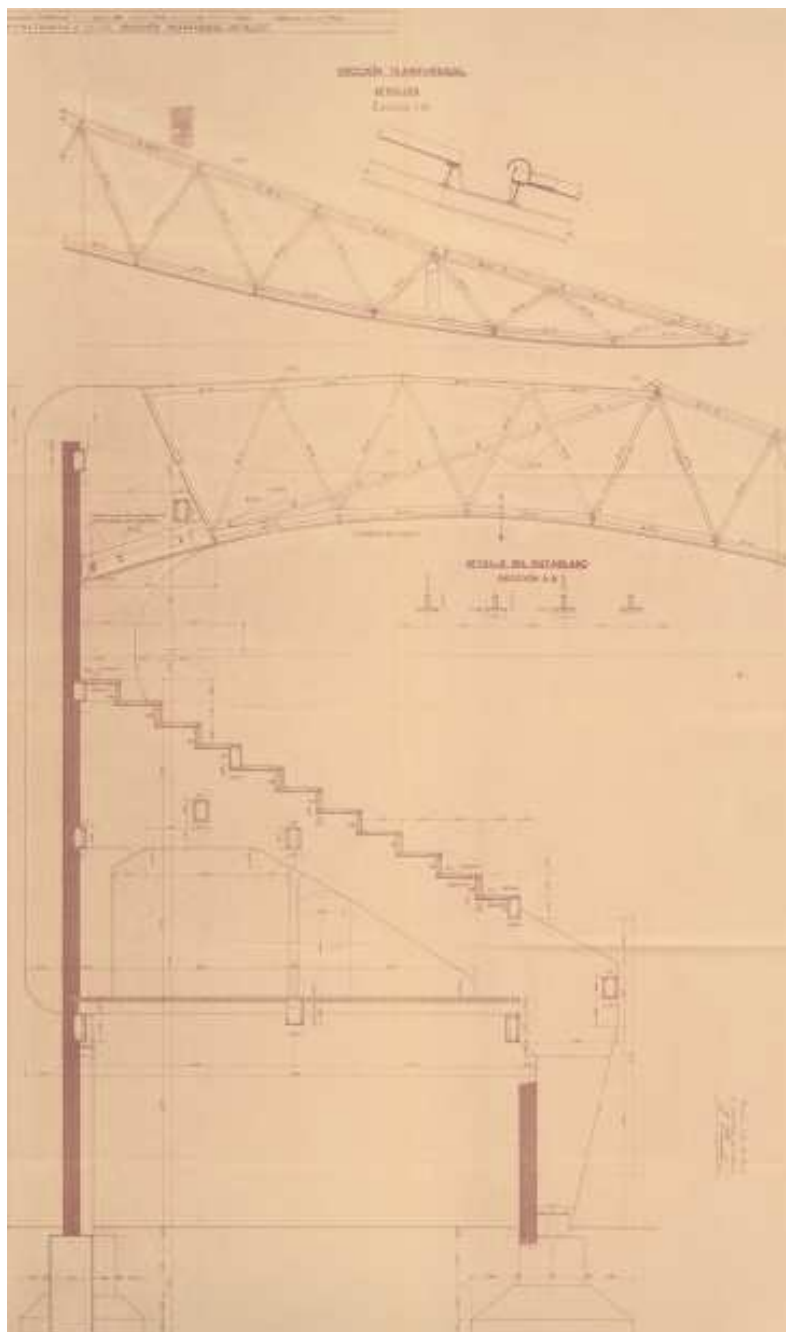


Figura 23: Detalle sección transversal [1].



C.2. Anejo 1

En la siguiente figura se recoge el Anejo 1 del proyecto original. En ella se muestra el método de cálculo utilizado: el método de Cremona.

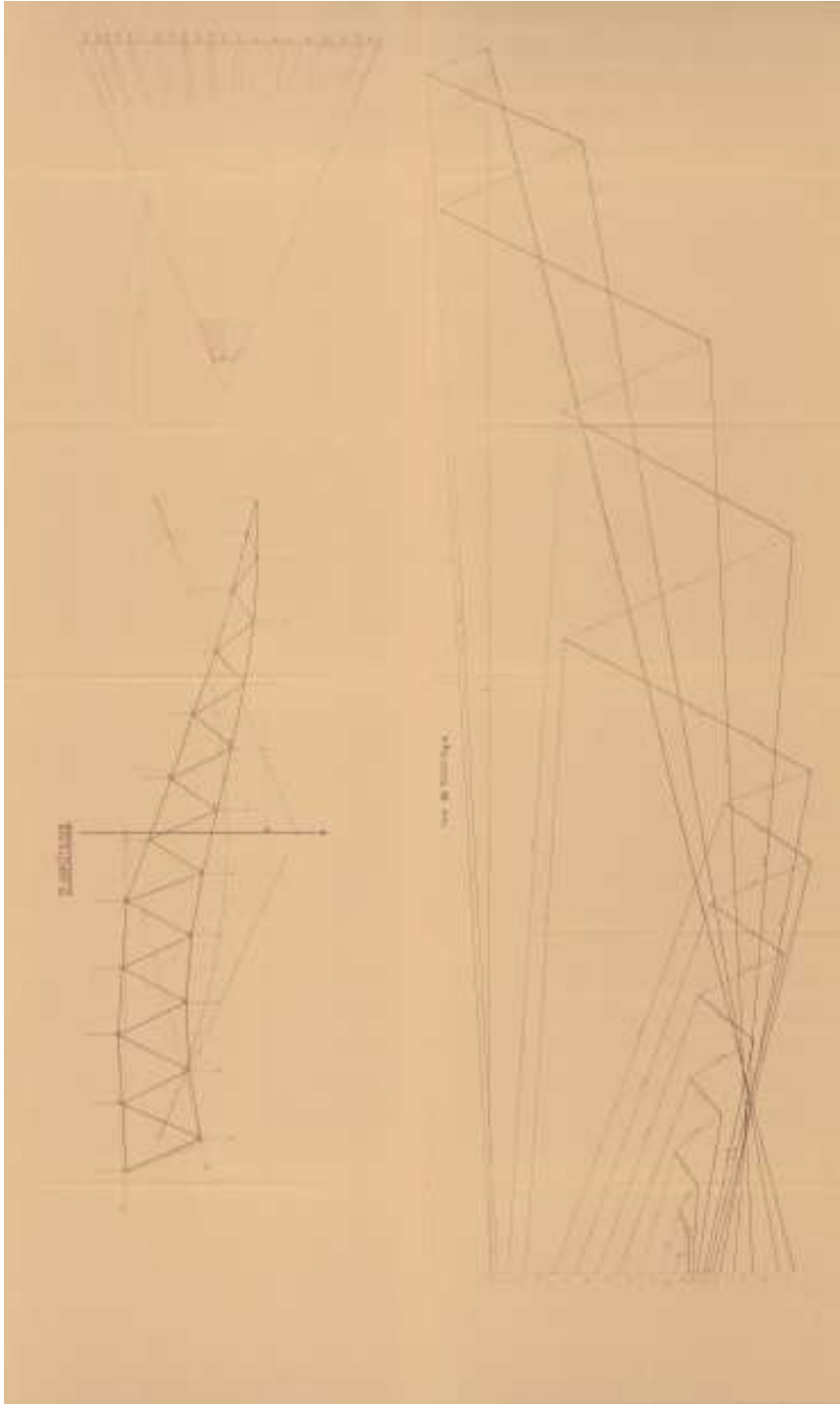


Figura 24: Anejo 1 [2].



D. PRESUPUESTO

A continuación se muestra el presupuesto del material utilizado en el proyecto original, considerando la equivalencia de perfiles actuales por cada dos barras que unen dos nudos, tal y como se ha mostrado con anterioridad. Se considerará para el desarrollo de este apartado las barras que forman la célula tridimensional con la que se construye, por repetición, la cubierta.

Según los datos que aparecen en los *Cálculos Justificativos* [3] y en el plano de la *Sección Transversal* [1] y *Detalle de Sección Transversal* [4], se recoge en las siguientes tablas la correspondencia entre las longitudes y los perfiles utilizados en cada caso, así como el total de kilogramos de acero necesarios.

Barra	Perfil	Peso (kg/m)	Longitud (m)	Peso (kg)
1	HEM-1000	358	2,4	859,2
2	HEM-1000	358	2,37	848,46
3	HEM-100	41,8	1,37	57,266
4	HEM-260	172	0,29	49,88
5	HEM-500	270	2,37	639,9
6	HEM-320	245	2,38	583,1
7	HEM-300	177	2,33	412,41
8	HEM-260	172	2,34	402,48
9	HEM-200	103	2,24	230,72
10	HEM-180	88,9	1,2	106,68
11	HEM-160	76,2	1,2	91,44
12	HEM-160	76,2	1,16	88,392
13	HEM-120	52,1	1,16	60,436
14	HEM-120	52,1	1,16	60,436



15	HEM-100	41,8	1,16	48,488
16	HEM-100	41,8	0,84	35,112
17	HEM-120	52,1	1,18	61,478
18	HEM-100	41,8	1,18	49,324
19	HEM-100	41,8	1	41,8
20	HEM-100	41,8	1	41,8
21	HEM-1000	358	2,23	798,34
22	HEM-600	285	2,14	609,9
23	HEM-320	245	2,15	526,75
24	HEM-260	172	1,77	304,44
25	HEM-600	285	2,28	649,8
26	HEM-600	285	2,27	646,95
27	HEM-600	285	2,27	646,95
28	HEM-600	285	2,34	666,9
29	HEM-100	41,8	1,72	71,896
30	HEM-100	41,8	1	41,8
31	HEM-100	41,8	1,26	52,668
32	HEM-100	41,8	2,69	112,442
33	HEM-280	189	1,93	364,77
34	HEM-100	41,8	2,43	101,574
35	HEM-320	245	1,47	360,15
36	HEM-300	177	1,72	304,44
37	HEM-100	41,8	2,13	89,034
38	HEM-260	172	2,14	368,08



39	HEM-120	52,1	2,85	148,485
40	HEM-160	76,2	2,9	220,98
41	HEM-140	63,2	2,94	185,808
42	HEM-180	88,9	2,3	204,47
43	HEM-240	157	2,64	414,48
44	HEM-220	117	1,67	195,39
45	HEM-180	88,9	0,95	84,455
46	HEM-100	41,8	1,15	48,07
47	HEM-180	88,9	1,3	115,57
48	HEM-240	157	0,84	131,88
49	HEM-140	63,2	1,8	113,76
50	HEM-300	177	2,46	435,42
51	HEM-100	41,8	5,14	214,852
52	HEM-100	41,8	5,14	214,852
53	HEM-100	41,8	5,35	223,63
54	HEM-100	41,8	5,35	223,63
55	HEM-100	41,8	5,14	214,852
56	HEM-100	41,8	5,14	214,852
57	HEM-100	41,8	5,14	214,852
58	HEM-100	41,8	5,88	245,784
59	HEM-100	41,8	5,88	245,784
60	HEM-100	41,8	5,7	238,26
61	HEM-100	41,8	5,7	238,26
62	HEM-180	88,9	2,04	181,356



63	HEM-160	76,2	1,16	88,392
64	HEM-200	103	1,16	119,48
65	HEM-180	88,9	1,08	96,012
66	HEM-140	63,2	0,95	60,04
67	HEM-140	63,2	0,97	61,304
68	HEM-100	41,8	5,14	214,852
69	HEM-100	41,8	5,14	214,852
70	HEM-100	41,8	5,14	214,852
71	HEM-100	41,8	5,14	214,852
72	HEM-100	41,8	5,14	214,852
73	HEM-100	41,8	5,14	214,852
74	HEM-100	41,8	5,14	214,852
75	HEM-100	41,8	5,14	214,852
76	HEM-100	41,8	5,14	214,852
77	HEM-100	41,8	5,14	214,852
78	HEM-100	41,8	5,14	214,852
79	HEM-100	41,8	5,14	214,852
80	HEM-100	41,8	5,14	214,852
81	HEM-100	41,8	5,14	214,852
82	HEM-100	41,8	5,14	214,852
83	HEM-100	41,8	5,14	214,852
84	HEM-100	41,8	5,14	214,852
85	HEM-100	41,8	5,14	214,852
86	HEM-100	41,8	5,14	214,852



87	HEM-160	76,2	1,2	91,44
88	HEM-100	41,8	1,37	57,266
89	HEM-180	88,9	1,2	106,68
90	HEM-160	76,2	1,2	91,44
91	HEM-160	76,2	1,16	88,392
92	HEM-120	52,1	1,16	60,436
93	HEM-120	52,1	1,16	60,436
94	HEM-120	52,1	1,16	60,436
95	HEM-100	41,8	0,84	35,112
96	HEM-120	52,1	1,18	61,478
97	HEM-100	41,8	1,18	49,324
98	HEM-100	41,8	1	41,8
99	HEM-100	41,8	1	41,8
100	HEM-600	285	2,23	635,55
101	HEM-600	285	2,14	609,9
102	HEM-320	245	2,15	526,75
103	HEM-240	157	1,77	277,89
104	HEM-600	285	2,27	646,95
105	HEM-100	41,8	1,72	71,896
106	HEM-100	41,8	1	41,8
107	HEM-100	41,8	1,26	52,668
108	HEM-100	41,8	2,69	112,442
109	HEM-280	189	1,93	364,77
110	HEM-100	41,8	2,43	101,574



111	HEM-600	285	1,47	418,95
112	HEM-300	177	1,72	304,44
113	HEM-100	41,8	2,13	89,034
114	HEM-600	285	2,4	684
115	HEM-450	263	2,37	623,31
116	HEM-360	250	2,38	595
117	HEM-140	63,2	2,85	180,12
118	HEM-160	76,2	2,9	220,98
119	HEM-120	52,1	2,94	153,174
120	HEM-180	88,9	2,3	204,47
121	HEM-240	157	2,64	414,48
122	HEM-220	117	1,67	195,39
123	HEM-180	88,9	0,95	84,455
124	HEM-100	41,8	1,15	48,07
125	HEM-180	88,9	1,3	115,57
126	HEM-240	157	0,84	131,88
127	HEM-140	63,2	1,8	113,76
128	HEM-300	177	2,46	435,42
129	HEM-280	189	0,29	54,81
130	HEM-600	285	2,37	675,45
131	HEM-600	285	2,27	646,95
132	HEM-600	285	2,34	666,9
133	HEM-300	177	2,33	412,41
134	HEM-260	172	2,34	402,48



135	HEM-200	103	2,24	230,72
136	HEM-600	285	2,28	649,8
137	HEM-180	88,9	2,04	181,356
138	HEM-180	88,9	1,16	103,124
139	HEM-220	117	1,16	135,72
140	HEM-200	103	1,08	111,24
141	HEM-140	63,2	0,95	60,04
142	HEM-140	63,2	0,97	61,304
143	HEM-160	76,2	1,2	91,44
144	HEM-140	63,2	2,14	135,248
				34882,559

Tabla 9: Longitud barras, perfiles y peso.

De acuerdo a la tabla anterior, para cada una de las células estructurales que constituyen la cercha, es necesario emplear 34882 kg de acero.

Hay que tener en cuenta, que la cubierta está constituida por 20 células estructurales, por lo que el peso total de acero será de 697652kg.

A continuación se recogen algunos capítulos extraídos de un presupuesto genérico de construcción. En particular, se refiere al presupuesto de una nave industrial incluida su urbanización. Para la realización de estos capítulos, se tendrán en cuenta las medidas mostradas en el proyecto original: 108 metros de longitud de cubierta, con 25,3 metros de voladizo y 8,4 metros traseros. El alto de la cubierta respecto al suelo es de 15,55 metros.



D.1. Capítulo 4: Estructura

Cap: 04	Capítulo	ESTRUCTURA	Cantidad	Importe ud	Total
					1.032.524,96
Subcap: 04.01	Capítulo	ESTRUCTURA PREFABRICADA HORMIGON (A realizar por EMPRESA DE PREFABRICADOS)	1,00	0,00	0,00
04.01.001	Partida	m2 ESTRUCTURA PREFABRICADA HORMIGON HA Y A-42B ESTRUCTURA PREFABRICADA DE HORMIGÓN ARMADO PARA NAVE INDUSTRIAL PARA SEPARACIÓN DE PÓRTICOS DE 6 M Y LUZ MAYOR DE 15 M; COMPUESTA POR: JÁCENAS TIPO U-50-A PARA CUBIERTA, JÁCENAS TIPO I-100, PARA SOBRECARGA DE 1980 KG/ML, JÁCENAS DE TALÓN PARA FORJADO TIPO I-40x25x25.1, JÁCENAS TIPO H-40 PARA SOBRECARGA DE 1980 KG/ML, SEMIJÁCENAS HASTIALES, VIGAS TUBULARES TIPO P-25, FORJADO ALVEOLAR DE 25 CM DE ESPESOR PARA SOBRECARGA DE 1000 KG/M2 (SIN INCLUIR ACABADO DE FORJADO CON CAPA COMPRESIÓN DE 5 CM CON MALLAZO, TAPAS Y NEGATIVOS), PERFILES HUECOS DE ACERO A-42B (REDONDOS, CUADRADOS, RECTANGULARES) INCLUYENDO SOLDADURAS Y MANOS DE IMPRIMACIÓN ANTIOXIDANTE, JÁCENAS Y VIGUETAS DE ACERO A-42B (IPN, IPE, HEB, UPN, I, T) INCLUYENDO SOLDADURAS Y MANOS DE IMPRIMACIÓN ANTIOXIDANTE, PLACAS DE ANCLAJE DE SOPORTES METÁLICOS DE ACERO A-42B (INCLUYENDO TALADROS, ROSCADOS, TUERCAS, LIMPIEZA Y PINTURAS), PILARES PREFABRICADOS DE HORMIGÓN ARAMDO DE SECCIÓN RECTANGULAR Y EMPOTRAMIENTO MÁXIMO DE 1,07 M (SIN INCLUIR ACCESORIOS FORJADO), MÉNSULAS O ALOJAMIENTOS PARA APOYO DE JÁCENAS Y SEMIJÁCENAS. INCLUYÉNDOSE EN TODOS LOS ELEMENTOS DE HORMIGÓN ARMADO TRATAMIENTO PROTECTOR DE SUPERFICIE CONTRA LA CARBONATACIÓN.	0,00	75,00	0,00
Subcap: 04.01			1,00	0,00	0,00
Subcap: 04.02	Capítulo	ESTRUCTURA DE HORMIGON	1,00	0,00	0,00
04.02.001	Partida	M2 CAPA DE COMPRESION DE 5 CM FORMACIÓN DE CAPA DE COMPRESIÓN SOBRE FORJADO PREFABRICADO A BASE DE 5 CM DE CAPA DE HORMIGÓN HA-25/B/20/IIA Y MALLAZO CON UN MÁXIMO DE 2 KG/M2 DE ARMADURA DE REPARTO. INCLUSO ENCOFRADOS NECESARIOS Y ZUNCHOS PERIMETRALES.	0,00	22,00	0,00
04.02.001	Partida	M2 FORJADO PLACA ALVEOLAR Suministro y montaje de placas alveolares de hormigón prefabricadas H-450, con acabado inferior liso, de 1,20 mts de ancho, 25 cms de canto, para una sobrecarga de uso 350 kg/m2.Incluso transporte, colocación y montaje.	0,00	65,00	0,00
Subcap: 04.02			1,00	0,00	0,00
Subcap: 04.03	Capítulo	ESTRUCTURA METALICA	1,00	#####	1.032.524,96
04.03.001	Partida	KG ACERO PILARES Y VIGAS LAMINADO (50kg/m2) SUMINISTRO Y MONTAJE DE ESTRUCTURA METÁLICA EN PILARES Y VIGAS A BASE DE ACERO A-42B EN PERFILES LAMINADOS Y/O TUBULARES CON UNIONES SOLDADAS Y/O ATORNILLADAS, SEGÚN DETALLES. INCLUIDO EN LA MEDICIÓN 5% EN CONCEPTO DE RECORTES, ATADURAS Y EXCESOS DE LAMINADO, ASÍ COMO TORNILLERÍA, FIJACIONES, SOLDADURAS, TIRANTILLOS, PLACAS DE ANCLAJE, ANCLAJES Y BASES. EL PRECIO INCLUYE LA LIMPIEZA Y PINTADO EN TALLER CONSISTENTE EN CHORREADO CON ARENA SA 2 1/2 DE LA NORMA SÍ, MÁS UNA CAPA DE IMPRIMACIÓN ANTIOXIDANTE DE CLASIFICACIÓN AL FUEGO M1.	0,00	1,50	0,00
04.03.002	Partida	KG ESTRUCTURA METALICA ARMADA (25kg/m2)	697652,00	1,45	1.011.595,40

Suministro y montaje de estructura de pórticos formada por piezas armadas de sección variable, constituidas a base de platabandas, almas y placas de unión de acero Fe E 275 de límite elástico f_{cy} 275 N/mm², unidas mediante soldadura automática tipo SAW; estructura para pilares y dinteles Hastiales formada por piezas armadas de sección recta o perfiles standarizados laminados en caliente, como estructura primaria. Pernos de anclaje para fijación de pilares, formados a base de varilla roscada, doblada a 45° en su extremo inferior, formando conjuntos de 2 o 4 unidades, incluso plantilla y tuercas para fijación de pilares. Todo ello unido mediante tornillería zincada, y de diferentes calidades según su uso y necesidades, calibrados A5t, y alta resistencia A8t y A10 t.

04.03.003	Partida	KG	ESTRUCTURA GALVANIZADA (8kg/m2) Suministro y montaje de perfiles galvanizados tipo "Z" para formación de estructura secundaria en cubiertas y fachadas a modo de correas, a base de perfiles laminados en frío, de acero calidad St02 y galvanizado Z275. Arriostramiento formados a base de varilla roscada formando cruces de San Andrés en cubierta y fachadas, incluyendo manguitos de unión, medialunas, arandelas y tuercas. CUBIERTA + FACHADA	0,00	1,35	0,00
04.03.004	Partida	KG	IMPRIMACION EN TUNEL Pintado de la estructura metálica mediante un tratamiento de GRANALLADO, por viruta metálica, hasta un grado SA 2 y posterior pintado de la misma con una capa de una imprimación antioxidante de Acrílico modificado de un componente. Esta imprimación se aplica mediante un sistema automático de 12 pistolas, garantizando una correcta distribución de pintura, incluso en capas gruesas, con un posterior secado en túnel a 80°C. Este sistema permite obtener una muy buena adherencia y dureza superficial, garantizando una buena resistencia a la corrosión, buena impermeabilidad a la humedad y al agua dulce y salada, buena retención de color y buena resistencia a la intemperie. Por su alta resistencia a la mayoría de los agentes agresivos físicos y químicos, esta imprimación es especialmente indicada en la protección de estructura metálicas, silos, en industrias químicas y en ambientes marinos. Características Color..... Azul 5015,Pardo-rojizo 4002, Amarillo 1018 o Gris 7035. Brillo ... Semi-mate Vehículo . Acrílico Modificado Sólidos en volumen ... 33% Espesor capa seca ... valores medios entre 60 y 80 micras	697652,00	0,03	20.929,56
04.03.005	Partida	UD	PLACA ANCLAJE CIMEN. 220X220X15 SUMINISTRO Y MONTAJE DE PLACA DE ANCLAJE DE DIMENSIONES 220 X 220 X 15 MM SOBRE 4 TACOS HILTY M-20 HVA-HIS+HEA PARA FIJACIÓN DE PILARES METÁLICOS EN ELEMENTOS DE CERRAMIENTOS DE FACHADA, EN ACERO A-42B, PROVISTA DE TALADROS PARA FIJACIÓN A TACOS Y DE HUECOS PARA RELLENO Y RETACADO. INCLUIDO REGLAJE, TUERCAS, ARANDELAS Y NIVELACIÓN. EL PRECIO INCLUYE LA LIMPIEZA Y PINTADO EN TALLER CONSISTENTE EN CHORREADO CON ARENA SA 2 1/2 DE LA NORMA SÍ, MÁS CAPA DE IMPRIMACIÓN CON PINTURA EPOXI EN 3 O 4 CAPAS CON UN ESPESOR DE 140 MICRAS PARA PROTECCIÓN DE AMBIENTES AGRESIVOS.	0,00	175,00	0,00

Subcap: 04.03

1,00

#####

1.032.524,96

Subcap: 04.04	Capítulo		IGNIFUGACIONES	1,00	0,00	0,00
04.04.001	Partida	M2	MORTERO IGNÍFUGO VERMICULITA-VERMICULITA EF-120 METAL Protección contra el fuego de estructura metálica mediante proyección de mortero a base de perlita y vermiculita, para lograr una estabilidad al fuego EF-120. Proyección sobre la cara inferior del forjado (alas inferiores perfiles metálicos y cara expuesta de vobedillas porexpán) y sobre las caras expuestas de los empresillados de refuerzo en pilares (incluso instalación previa de malla de alambre en zona central intermedia a rellenar existente entre angulares del empresillado). Incluso aplicación manual del producto en zonas a proteger de difícil acceso o no proyectables. Incluyendo emisión de Certificado de Ignifugación.	0,00	40,00	0,00

04.04.003	Partida	M2	PINTURA INTUMESCENTE IGNIFUGA RF-60 METAL	0,00	26,00	0,00
Revestimiento intumecente de color blanco de protección contra el fuego de indice RF-60 aplicado sobre imprimación inhibidora de corrosión ignifuga.						
La imprimación inhibidora sirve para facilitar la adherencia del revestimiento intumecente, el cual reúne unas excelentes propiedades retardantes de la acción destructora del fuego cortando su avance mediante una reacción química con desprendimiento de gases de acción extintora. Incluyendo emisión de certificado de ignifugación						
Subcap: 18.06				1,00	0,00	0,00
Subcap: 04.05	Capítulo	TRABAJOS POR ADMINISTRACION (MIN 6 HORAS DIA)		1,00	0,00	0,00
04.05.001	Partida	HR	GRUA MOBIL 30T	0,00	52,80	0,00
04.05.002	Partida	HR	GRUA MOBIL 40T	0,00	78,00	0,00
04.05.003	Partida	HR	GRUA MOBIL 50T	0,00	90,00	0,00
04.05.004	Partida	HR	GRUA MOBIL 60T	0,00	138,00	0,00
04.05.005	Partida	HR	GRUA MOBIL 80T	0,00	174,00	0,00
04.05.006	Partida	HR	GRUA MOBIL 100T	0,00	102,00	0,00
04.05.007	Partida	DIA	MANITU 12M CON PLUMIN	0,00	120,00	0,00
04.05.008	Partida	DIA	BRAZO 20M DIESEL	0,00	72,00	0,00
Subcap: 02.05				1,00	0,00	0,00

Tabla 10: Capítulo 4: Estructura.

D.2. Capítulo 6: Cubiertas

Cap: 06	Capítulo	CUBIERTAS	Cantida d	Importe ud	Total
					114.436,75
Subcap: 06.01	Capítulo	CUBIERTAS LIGERAS	1,00	114.436,75	114.436,75
06.01.001	Partida	M2 CUBIERTA INCLINADA DE TEJA METALICA SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CUBIERTA INCLINADA DE CHAPA METÁLICA, COMPUESTA POR: - PANEL SANDWICH DE 50 MM DE ESPESOR GALVANIZADA CON CHAPA NERVADA EXTERIOR DE 0,8 MM DE ESPESOR, AISLAMIENTO DE POLIURETANO, Y CHAPA INTERIOR LISA DE 0,6 MM DE ESPESOR PRELACADA. - RASTRELES DE MADERA TRATADA, DE 24X32 MM CON DISPOSICIÓN PERPENDICULAR AL NERVIO. - PIEZAS METÁLICAS DE TEJA SIERRA DE DIMENSIONES 1000X400. INCLUYENDO MATERIAL Y OPERACIONES NECESARIAS PARA LA COMPLETA REALIZACIÓN Y PUESTA EN OBRA DE LA UNIDAD, CON PARTE PROPORCIONAL DE RECORTES, REMATES NECESARIOS Y ELEMENTOS DE SUJECIÓN. TRANSPORTE, DIETAS, ESTANCIA DEL PERSONAL.	0,00	70,00	0,00
06.01.002	Partida	ML SEMICUMBRERA METALICA DOBLE PENDIENTE SEMICUMBRERA METÁLICA DOBLE PENDIENTE PARA ENCUESTRO DE CUBIERTAS.	0,00	100,00	0,00
06.01.003	Partida	M2 CUBIERTA PLANA PANEL METALICO Suministro y Montaje de Panel Nervado PERFRISA® de: 30 mm; formado por dos caras de acero de 0.5 mm de espesor, siendo la cara exterior en acabado Poliéster y la interior en acabado Poliéster; con espuma intermedia de poliuretano, incluso parte proporcional de fijaciones y tapajuntas, todo ello montado en cubierta.	3639,60	30,00	109.188,00
06.01.002	Partida	M2 LUCERNARIO POLIESTER Suministro y montaje de lucernario en cubierta formado por dos placas translúcidas (Transparente y Blanco) del mismo perfil de cubierta, realizadas en Poliéster protegidas mediante Gel-Coat.	0,00	25,00	0,00
06.01.002	Partida	ML REMATE CUMBRERA Suministro y montaje de remate de cumbrera en chapa de acero galvanizada y acabada Policolor, de 0.6 mm. de espesor y 600 mm. de desarrollo.	108,00	10,00	1.080,00
06.01.002	Partida	M2 CUBIERTA INVERTIDA NO TRANSITABLE Cubierta no transitable, con formación de pendientes mediante hormigón celular y espesor medio de 10 cm, formada por: 1. Impermeabilización con lámina de tela asfáltica de betún elastómero SBS con fieltro de poliéster 160 g/m2, colocada entre láminas separadoras geotextiles 115 g/m2. 2. Aislamiento térmico a base de panel de polietileno extruido de espesor 40 mm de densidad 35 kg/m3 y resistencia a compresión > o igual a 3 kg/cm2. 3. Capa separadora antipunzonamiento geotextil de 150 g/m2. 4. Acabado de azotea con capa de grava de canto rodado de Ø 15-22 mm y 5 cm de espesor medio de la capa. C.M.: m2 de superficie realmente ejecutada incluidos elementos especiales (mimbeles, limahoyas, etc.).	0,00	65,00	0,00
06.01.003	Partida	ML CANALON DE DESAGUES	108,00	35,00	3.780,00

			SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CANALÓN DE DESAGÜE, CON UN DESARROLLO DE 330 MM, CON TAPAS DE TERMINACIÓN Y SELLADO DE JUNTAS. INCLUYE TODOS LOS MATERIALES, ACCESORIOS, Y TRABAJOS NECESARIOS PARA LA CORRECTA PUESTA EN OBRA DE LA UNIDAD.			
06.01.004	Partida	ML	BAJANTE DE DE 100 MM. SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE BAJANTE , DE DIÁMETRO 100 MM. INCLUYENDO PARTE PROPORCIONAL DE CODOS, BRIDAS, ACCESORIOS Y CONEXIONES PARA SU PERFECTO FUNCIONAMIENTO. CON TAPAS DE TERMINACIÓN, SELLADO DE JUNTAS, CODOS, ACCESORIOS, MATERIAL Y CONEXIÓN.	15,55	25,00	388,75
06.01.004	Partida	M2	SISTEMA SIFONICO TIPO FULLFLOW Suministro y montaje de sistema sifónico auto-cebante para evacuación de aguas pluviales de la Cubierta de la Nave.	0,00	2,25	0,00
06.01.005	Partida	UD	CHIMENEA 130mm SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CHIMENEA, DE DIÁMETRO 130 MM. INCLUYENDO ACCESORIOS, SELLADO DE JUNTAS Y MATERIAL	0,00	120,00	0,00
06.01.006	Partida	M	REMATE LADRILLO O ESPUMA ENCUESTRO PANEL-CUBIERTA REMATE DE LADRILLO, INCLUSO POSTERIOR ENLUCIDO DE YESO POR INTERIOR ALMACEN PARA CIERRE DE HUECO ENTRE PARAMENTOS VERTICALES Y CUBIERTA. INCLUSO PARTE PROPORCIONAL DE ACCESORIOS, ANDAMIOS, ECT. TOTALMENTE EJECUTADO.	0,00	30,00	0,00
Subcap: 06.01				1,00	114.436,75	114.436,75

Tabla 11: Capítulo 6: Cubiertas.

D.3. Capítulo 37: Plan de Seguridad

Cap: 37	Capítulo	PLAN DE SEGURIDAD		Cantidad	Importe ud	Total
						23.168,63
Subcap: 37.02	Capítulo	PLAN DE SEGURIDAD - BAREMO GENERAL		0,00	0,00	0,00
37.02.001	Partida	UD	VAREMO GENERAL DEL 2% PEM	2,00%	1.158.431,33	23.168,63
Subcap: 37.02				1,00	23.168,63	23.168,63

Tabla 12: Capítulo 37: Plan de Seguridad.

D.4. Total presupuesto

RESUMEN DE PRESUPUESTO		Reducción: 50%	
OBRA:		PRESUPUESTO REAL (PARA PROMOTOR)	
Capítulo	Resumen	Importe (€)	%
4	Estructura	1.032.524,96	87,38%
6	Cubiertas	114.436,75	9,68%
34	Gastos obra varios (control calidad)	11.469,62	0,97%
37	Plan de seguridad	23.168,63	1,96%
	TOTAL PEC:	1.181.599,96	100,00%
	Beneficio industrial:	59.576,47	6,00%
	Gastos generales:	129.082,35	13,00%
	TOTAL PEM:	992.941,14	
	Coficiente baja:		1,000000
	TOTAL ADJUDICADO:	1.181.599,96	
	iva	212687,99	18,00%
	TOTAL ADJUDICADO:	1.394.287,95	

Tabla 13: Total presupuesto.

Como se extrae de la tabla anterior, los apartados contemplados del presupuesto ascienden a un total de un millón trescientos noventa y cuatro mil doscientos ochenta y siete euros con noventa y cinco céntimos, teniendo en cuenta el 18% de IVA aplicado.

E. FOTOGRAFÍAS

A continuación se muestra un conjunto de fotografías del Estadio de Les Corts y su cubierta.



Figura 25: Cubierta metálica del estadio.



Figura 26: Construcción de la cubierta.





Figura 27: Construcción de la cubierta nueva sobre la antigua.



Figura 28: Cubierta nueva sobre cubierta antigua.





Figura 29: Cubierta del Estadio de Les Corts.



Figura 30: Estadio de fútbol de Les Corts.



F. Bibliografía

F.1. Referencias Bibliográficas

- [1] Torroja, E. *Estadio de Fútbol de Les Corts. Detalle Sección Transversal*. Archivo Torroja. CEHOPU-CEDEX. Expediente nº 513.

[http://www.cephopu.cedex.es/img/bibliotecaD/Tribuna_Les_Corts_513_219_1.pdf, 27 enero 2012]

- [2] Torroja, E. *Estadio de Fútbol de Les Corts. Anejo 1*. Archivo Torroja. CEHOPU-CEDEX. Expediente nº 513.

[http://www.cephopu.cedex.es/img/bibliotecaD/Tribuna_Les_Corts_513_105.pdf, 27 enero 2012]

- [3] Torroja, E. *Estadio de Fútbol de Les Corts. Cálculos Justificativos*. Archivo Torroja. CEHOPU-CEDEX. Expediente nº 513.

[http://www.cephopu.cedex.es/img/bibliotecaD/Tribuna_Les_Corts_513_306.pdf, 27 enero 2012]

- [4] Torroja, E. *Estadio de Fútbol de Les Corts. Plano Sección Transversal*. Archivo Torroja. CEHOPU-CEDEX. Expediente nº 513.

[http://www.cephopu.cedex.es/img/bibliotecaD/Tribuna_Les_Corts_513_219_1.pdf, 27 enero 2012]

F. 2. Bibliografía complementaria

Buildsoft, S. A. Manual para el uso de Power Frame.

Torroja, E. *Estadio de Fútbol de Les Corts. Fotografías del Estadio y su graderío*. Barcelona. Archivo Torroja. CEHOPU-CEDEX. Expediente nº 513.

[http://www.cephopu.cedex.es/img/bibliotecaD/Tribuna_Les_Corts_Fotos.pdf, 2 Mayo 2012]

